



TITLE:

<高校生のページ>原子力プラント 解体作業支援のための拡張現実感 システム

AUTHOR(S):

石井, 裕剛; 下田, 宏

CITATION:

石井, 裕剛 ...[et al]. <高校生のページ>原子力プラント解体作業支援のための拡張現実感システム. Cue 2018, 40: 61-65

ISSUE DATE:

2018-09

URL:

<https://doi.org/10.14989/235652>

RIGHT:

高校生のページ

原子力プラント解体作業支援のための拡張現実感システム

エネルギー科学研究科

石井 裕剛、下田 宏

1. はじめに

2011年に起こった東日本大震災に伴い、福島第一原子力発電所で原子力プラントの核燃料が溶けてしまう大事故が occurred。この事故では、想定されていなかった高さ10mを超える津波が原子力プラントを襲ったことで、炉心を冷却するために必要な電力を発生させる非常用ディーゼル発電機が水に浸かって動かなかったことが原因でした。この対策として我が国では、原子力プラントの安全基準をより厳しくしていますが、その基準をクリアするためには安全設備を追加するための投資が必要になります。一方、我が国の商用原子力プラントは1970年の美浜原子力発電所1号機、1971年の福島第一原子力発電所1号機から始まり、50機以上のプラントが建設され、発電単価が安く、二酸化炭素を発生させない準国産エネルギーとして我が国の発展を支えてきました。しかし、その設計寿命は30年程度のものが多く、発電電力の小さい古い発電所は経済的な観点から追加投資して安全基準をクリアさせず、廃止してしまうことになっています。我が国では、これまで廃止が決まったプラントは10機以上にもなりますが、その解体作業はあまり進んでいません。

原子力プラントの解体作業は他の工業プラントの解体作業と大きく異なります。その違いは、原子力プラントの場合、長年の運転により炉心周りの構造材が放射線を浴びて放射線を放出する性質に変わっていることです。そのため、解体時に有害な解体物を厳重に管理しなければなりません。これまで、多くの原子力プラントを建設してきた我が国では、建設のための技術は蓄積されていますが、解体作業については安全かつ効率のいい方法はあまり開発されていませんでした。特に近年では、世間から見た原子力プラントの印象は悪く、その現場で働こうという若い人が少なくなり、これまで培ってきた現場作業技術の継承も難しくなっています。

2. 拡張現実感技術とその特徴

拡張現実感技術は、現実の世界にコンピュータで生成した物体を合成して表示することにより、その物体が実際に存在するかのようにユーザに見せる技術です。最近では、スマホゲーム等にも使われているので、ご存知の人も多いでしょう。スマートフォンやヘッドマウントディスプレイに取り付けられたカメラによって現実の世界を撮影し、その映像にリアルタイムで仮想の物体を合成して表示します。その際、表示する物体の表示位置や姿勢をうまく調整することで、どの方向から見てもその物体があたかも現実世界内に存在するかのように見せることができます。例えば、ユーザが右側から見れば、右側から見たときの物体の映像を生成して適切な位置に表示してやればいいわけです。

この拡張現実感技術を利用すれば、その名の通り、現実の世界を情報的に拡張することができます。例えば、現実には裸眼では見えないものを見えるようにしたり、現実の物体に注釈を付け加えたりすることができます。この技術を利用すれば、作業者の視界に直接、作業手順や作業のコツ等を提示することができます。これにより図1に示すように、従来のような紙ベースの作業手順書に比べてわかりやすく、かつ間違いのない作業ができるようになります。

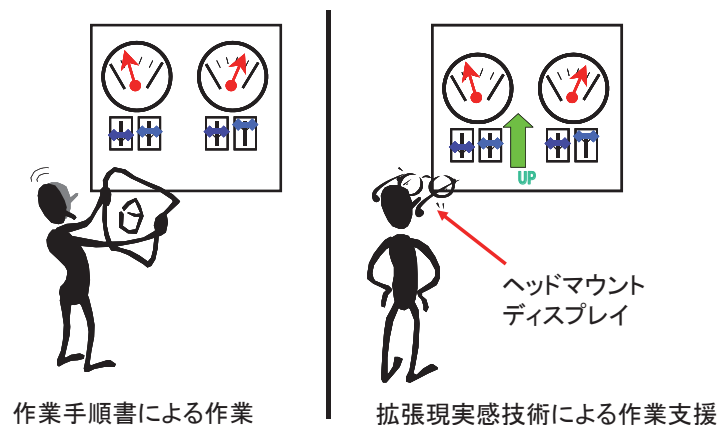


図 1. 作業手順書と拡張現実感技術による作業支援

3. 拡張現実感技術の要素技術

拡張現実感技術を実現するためには大きく分けて4つの要素技術が必要です。それらは、(1)表示技術、(2)レジストレーション技術、(3)キャリブレーション技術、(4)トラッキング技術です。(1)表示技術は仮想の物体をユーザに提示するための技術で、表示デバイスに関する技術も含まれます。(2)レジストレーション技術は、現実の世界の物体と仮想の物体の位置を合わせる技術です。(3)キャリブレーション技術は映像を表示する際の歪み等を調整して、仮想物体を合成する際の精密な位置調整をする技術です。(4)トラッキング技術はリアルタイムでユーザの視線の位置と方向を検出する技術です。

この中でも(4)トラッキング技術は拡張現実感を実現するうえで重要な技術です。もし、ユーザの視線の位置や方向の検出にずれがあると、仮想の物体の表示位置が意図していたところからずれてしまいます。拡張現実感技術を原子力プラントの現場作業支援に利用している場合、表示位置のずれは作業ミスを生じかねません。これまでは、トラッキング技術としてマーカと呼ばれるQRコードのような模様が描かれた板とカメラを使う方法(マーカベーストラッキング)が、安価で精度の高い方法として利用されてきました。これは、カメラをユーザの視線に見立て、図2のようにカメラを使って撮影したマーカの画像からマーカとカメラの相対的な位置や方向を検出するものです。そのため、プラント構内でこの技術を利用するためには、環境内に多くのマーカを貼り付けて事前にそれらのマーカの位置と方向を計測しておく必要があります。こうしておけば、マーカを撮影したカメラの画像からマーカとカメラの相対位置がわかり、さらに事前に計測した環境中のマーカの位置と方向から、最終的に環境中のカメラの位置と方向がわかります。

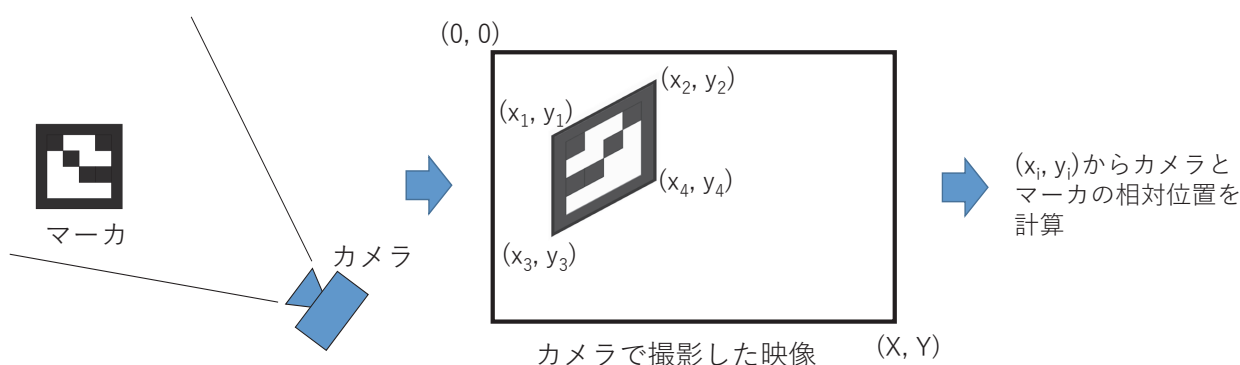


図 2. マーカベーストラッキング

近年では、マーカの代わりに環境中にある装置の角や直線部分などの特徴的な部分をマーカの代わりに利用してカメラの位置や方向を検出するトラッキング技術もあり、マーカレストラッキングと呼ばれています。この方法では事前にマーカを環境内に貼り付ける必要がないため簡単な方法であり、最近では無料のプログラムが公開されていて基本的なプログラミングの技術があれば簡単に利用できるようになっています。

しかし、マーカレストラッキングをプラントの現場作業支援に利用しようとするときまだ問題があります。マーカレストラッキングでカメラの位置と方向を正しく検出するためには、環境中に特徴となる点や線が数多く存在し、なおかつ似ているような部分がないことが必要です。例えば環境中に同じ形の装置が複数ある場合は、カメラの位置を一か所に断定することはできません。さらに、この技術を原子力プラントの解体現場で利用しようとするとき、解体中に日々刻々と変わっていく現場では、適切にカメラの位置と方向を検出するのは難しく、今後のさらなる技術開発が望まれます。

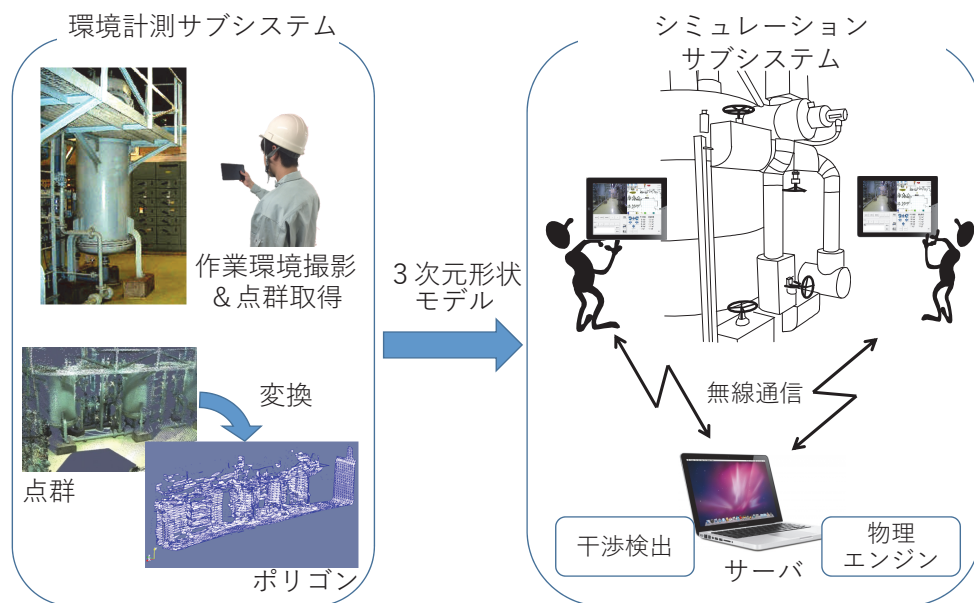
4. プラント解体作業支援の例

ここで私達が開発している原子力プラント解体作業支援システムの一つを紹介しましょう。原子力プラント内は狭い部分が多く、分解・切断して解体した機器を一時的に置いておいたり運び出したりするスペースが十分にありません。そのため、事前に分解する機器やその周辺のスペースを精密に計測し、必要なスペースが確保できるのかや、分解した部品を運び出す経路が確保できるのかを調べて、それをもとに分解・運搬計画を立てています。この作業は解体作業の進行に伴って変化する機器や環境の3次元形状を扱うために非常に複雑で、時間もかかりミスも起きやすい作業です。

近年では、ビデオ撮影した物体の動画像から立体構造を再構成する技術やレーザスキャナの性能が向上しており、これらを利用することによりプラント内の機器や環境の3次元形状を計測してモデル化することができるようになってきました。この技術を利用すると、計測した3次元形状モデルを使って仮想的にコンピュータ上で解体作業を実施し、作業スペースや運搬スペースが十分かどうかを調べることができます。さらに、これを作業現場で実施すれば、作業員が作業現場で直観的に作業計画を検討することができます。

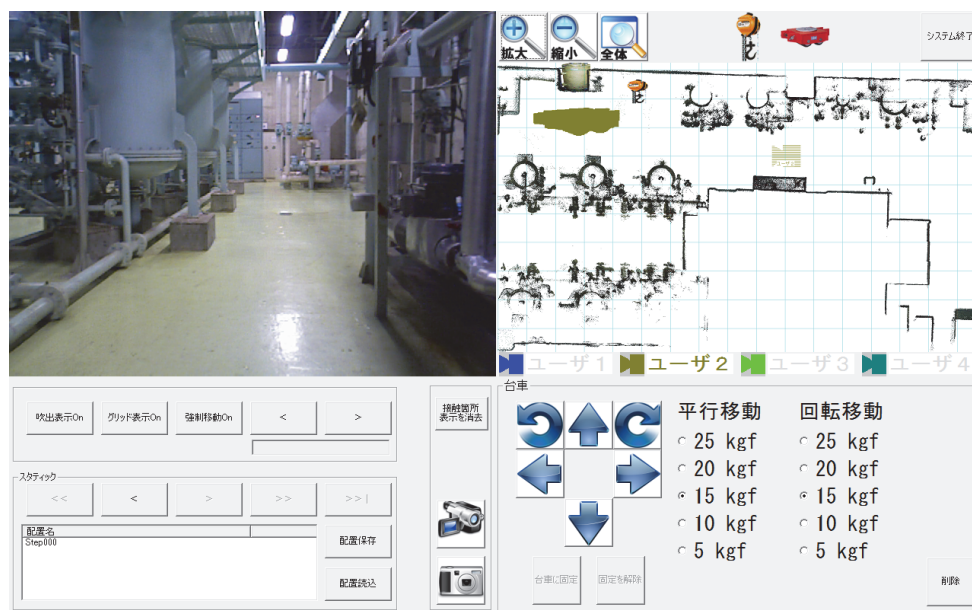
図3に機器の分解・運搬作業シミュレーションシステムの概要を示します。環境計測サブシステムではカメラやレーザスキャナを利用して作業現場や分解対象機器の3次元形状モデルを作成します。シミュレーションサブシステムでは、この3次元形状モデルを基に物理エンジンを用いて、対象機器の分解や移動の際に周囲の物体に干渉しないかどうかを調べます。

シミュレーションサブシステムの画面例を図4に示します。タブレットPCに付属のカメラで作業現場を撮影すると、その映像が画面上に表示されるだけでなく、その上に作業対象機器の3次元モデルも表示されます。ここでは、画面右の見取り図や画面下のボタン等を使って仮想的に作業対象機器を分解したり、クレーンや台車で移動させたりすることができます。また、仮想的な作業の際、作業対象機器が周囲の機器類に干渉した場合には、図5に示すように拡張現実感技術を用いてその干渉箇所が着色されて表示されます。この着色位置を確認することにより、実際の作業の際にどの部分が干渉するのかを事前に確認することができます。



© 2017 Japan Atomic Energy Agency

図 3. 分解・運搬作業シミュレーションシステム



© 2017 Japan Atomic Energy Agency

図 4. シミュレーションサブシステムの画面例



カメラの映像の上に表示された
干渉箇所を示す着色

© 2017 Japan Atomic Energy Agency

図 5. 拡張現実感により示された干渉箇所を示す着色

5. まとめ

情報通信技術が発達した今日でも、私達はサイバーワールドに暮らしているわけではなく現実の世界で生活しています。拡張現実感技術は現実の世界を情動的に拡張する技術であり、私達の現実の生活を、より便利に、より快適にサポートしていくことができる技術です。ここでは特に原子力プラントの解体作業の支援を取り上げましたが、スマートフォンが普及した社会では、スマートフォンを使った拡張現実感技術により、私達の日常生活がより便利になる未来も遠くないことでしょう。